

Evaluasi Kesehatan Tanah untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan di Perkebunan Teh Tritis, Kulon Progo

Lucky Puspitasari

luckypuspitasari26@gmail.com

Suratman

ratman_woro@yahoo.com

Abstrak

Tanaman teh di perkebunan Tritis memiliki ciri tanaman kurang sehat sehingga perlu dibudidayakan secara berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan indikator kinerja tanah, menyusun *Minimum Data Set* (MDS), mengklasifikasi kesehatan tanah, dan menyusun rekomendasi. Penelitian ini mengevaluasi kesehatan tanah berbasis geomorfologi skala detail. Survei lapangan dan pengambilan sampel tanah dilakukan pada satuan pemetaan yang berjumlah sebelas titik dan didapatkan 21 sampel tanah. Evaluasi kesehatan tanah menggunakan 17 indikator kinerja tanah dan dianalisis dengan metode skoring. Total skor indikator kinerja tanah kemudian diklasifikasikan dalam lima tingkat kesehatan tanah. Terdapat enam belas indikator kinerja tanah terpilih yang masuk dalam MDS, yaitu warna, struktur, tekstur, kadar air, kelerengan, nilai penetrometer, kedalaman tanah, erosi, pH, bahan organik, P₂O₅, K tersedia, Al tersedia, LCC, kinerja tanaman, dan populasi cacing. Dihasilkan tiga klasifikasi, yaitu tanah kurang sehat, cukup sehat, dan tanah sehat. Rekomendasi yang diberikan adalah mempertahankan kondisi penggunaan lahan, melakukan pemupukan, serta merawat tanaman teh.

Kata kunci: Kesehatan Tanah, Perkebunan Teh, Pemetaan Geomorfologi Detail, Indikator Kinerja Tanah, MDS

Abstract

Tea plantations in Tritis have an unhealthy soil indicator that needs to be cultivated in a sustainable manner. This study aims to determine soil performance indicators, determine Minimum Data Set (MDS), classify soil health, and determine recommendations. This study evaluates soil health based on detailed geomorphology map. Field surveys and soil sampling were conducted on each unit of eleven pointed land units and collected 21 soil samples. Soil health evaluation was conducted using seventeen indicators of soil performance then the indicators were analyzed by scoring method. Total score of soil performance indicators then summed and classified into five levels of soil health. There are sixteen selected soil

performance indicators included in the MDS, which consists of soil color, soil structure, moisture content, soil texture, slope, penetrometer value, soil depth, erosion, soil pH, soil organic matter, P₂O₅, K availability, Al availability, LCC, plant performance, and population of earthworms. The soil health class in Tritis tea plantation were less healthy, moderately healthy, and healthy. Recommendations are given to maintain the conditions of land use, fertilization, and treat the tea plant.

Key words: *Soil Health, Tea Plantation, Detailed Geomorphology Mapping, Soil Performance Indicator, MDS*

PENDAHULUAN

Pertanian berkelanjutan adalah suatu bentuk pengelolaan lahan yang dapat menjamin kelestarian sumberdaya lahan dan dapat memenuhi kebutuhan ekonomi secara layak dan terus menerus serta menerapkan agroteknologi yang sesuai dengan sosial budaya masyarakat (Sinukaban, 1999). Pertanian berkelanjutan berarti pertanian yang menyediakan pasokan makanan berkualitas dan produk tanaman dan hewani dengan harga terjangkau tanpa mengurangi kemampuan generasi masa depan untuk melakukan hal yang sama (Gamliel dan van Bruggen, 2016). Produksi pertanian berkelanjutan membutuhkan fungsi dari tanah yang sehat (Moebius-Clune *et al*, 2017). Tanah yang sehat memelihara beragam organisme tanah yang membantu mengendalikan penyakit tanaman, serangga dan hama gulma, membentuk asosiasi simbiosis yang menguntungkan dengan akar tanaman; mendaur ulang nutrisi tanaman yang penting; memperbaiki struktur tanah

dengan dampak positif untuk air tanah dan kapasitas menahan unsur hara, dan pada akhirnya memperbaiki produksi tanaman pangan (FAO, 2008).

Kesehatan tanah memunculkan gagasan bahwa tanah merupakan ekosistem yang penuh dengan kehidupan sehingga perlu dikelola secara hati-hati untuk mendapatkan kembali dan menjaga kemampuan tanah untuk berfungsi secara optimal (Moebius-Clune *et al*, 2017). Doran dan Parkin (1996) menunjukkan bahwa kesehatan tanah tidak terlepas dari masalah keberlanjutan. Kesehatan tanah berfungsi untuk mengurangi kendala yang teridentifikasi dan memelihara tanah yang lebih sehat. Pemahaman status kesehatan tanah yang lebih komprehensif dapat mengarah pada pengelolaan tanah yang lebih baik, regeneratif, dan berkelanjutan melalui pendekatan holistik, adaptif, dan berbasis data (Moebius-Clune *et al*, 2017).

Salah satu komoditas pertanian yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah teh (Zhang *et al*, 2017). Teh diklaim

sebagai cairan yang paling luas dikonsumsi setelah air (Dufresne dan Farnworth, 2000; Owuor *et al.*, 2008, 2010). Teh adalah salah satu minuman nonalkohol yang populer, yang dikonsumsi luas oleh lebih dari dua pertiga populasi dunia karena efek stimulan obatnya yang ringan dan menyegarkan. Teh pun memainkan peran utama dalam hal asupan sejumlah elemen jejak nutrisi pada manusia (Karak dan Bhagat, 2010).

Teh banyak ditanam di wilayah pegunungan tropis dan subtropis. Pucuk teh dipanen untuk menghasilkan teh hijau dan teh hitam yang populer sebagai minuman sehat yang dikonsumsi oleh masyarakat seluruh dunia. Perkebunan teh mencakup 3×10^6 ha lahan subur di dunia (Zhang *et al.*, 2017). Menurut Gill, Kumar, dan Agarwal (2011), teh memiliki nilai tinggi di dunia.

Dusun Tritis di Ngargosari, Kulonprogo merupakan dusun yang menghasilkan komoditas teh (Gambar 1). Teh menjadi mata pencaharian penduduk sekitar dan menopang sektor pariwisata. Keindahan perkebunan teh pun menjadi daya tarik yang memukau wisatawan.



Gambar 1. Perkebunan Teh Tritis

Namun, terdapat indikasi tanah tidak sehat di perkebunan tersebut. Hal tersebut terlihat dari tanda-tanda tanah tidak sehat, yaitu tanaman teh tidak subur dan tidak berkembang dengan optimal (Gambar 2). Selain itu, terdapat pula tanaman teh yang memiliki gulma di sekelilingnya dan terdapat penyakit pada daunnya (Gambar 3).



Gambar 2. Tanaman Teh Tidak Subur dan Tidak Berkembang dengan Optimal



Gambar 3. Tanaman Teh yang Memiliki Penyakit pada Daunnya

Oleh sebab itu, kelestarian lahan teh perlu dijaga. Salah satu cara untuk menjaga kelestarian lahan adalah dengan mengevaluasi kesehatan tanah di wilayah tersebut. Hal tersebut karena evaluasi kesehatan tanah memberikan banyak manfaat. Evaluasi kesehatan tanah di perkebunan teh Tritis berfungsi untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang status kesehatan

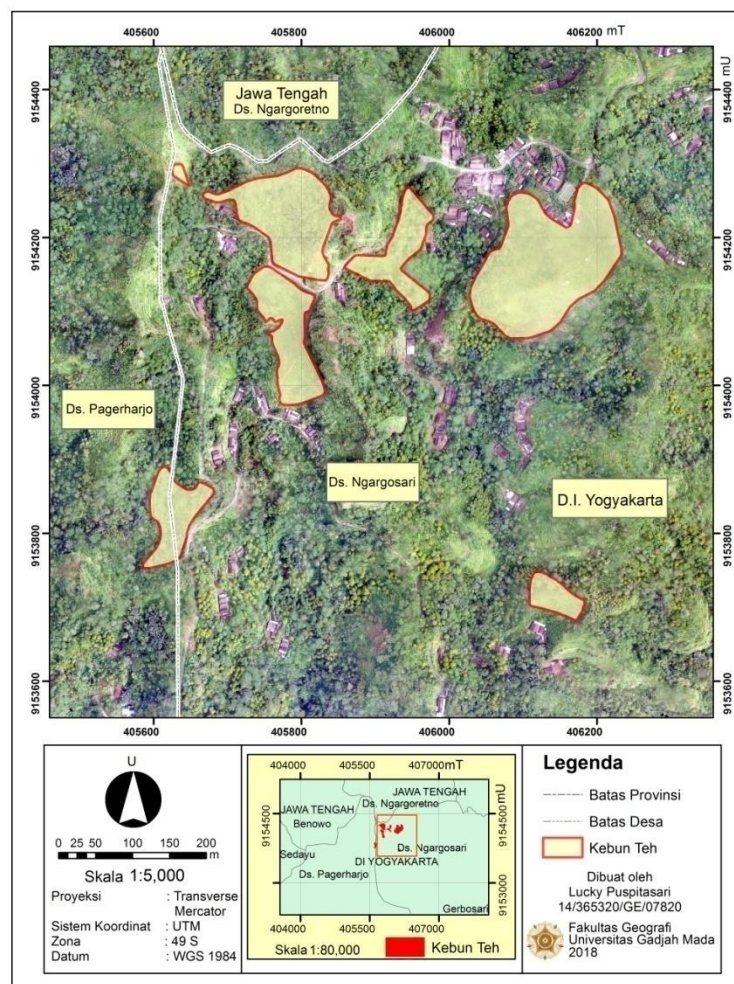
tanah sehingga dapat memahami potensi pertanian dan kesehatan manusia.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan indikator kinerja tanah guna mengevaluasi kesehatan tanah di perkebunan teh Tritis, menyusun *Minimum Data Set* (MDS) indikator kinerja tanah, mengklasifikasi kesehatan tanah, dan menyusun rekomendasi berdasarkan klasifikasi kesehatan tanah.

METODE PENELITIAN

Wilayah Kajian

Wilayah penelitian adalah perkebunan teh di Dusun Tritis, Desa Ngargosari, Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulon Progo. Kawasan perkebunan teh di Dusun Tritis disebut sebagai perkebunan teh Tritis. Perkebunan teh di Tritis memiliki luas 8,69 hektar. Peta wilayah kajian perkebunan teh Tritis ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Lokasi Perkebunan Teh Tritis, Kulon Progo (Foto Udara, 2018 dan Survei Lapangan, 2017-2018)

Teknik Pengumpulan Data

Populasi penelitian ini adalah semua lahan perkebunan teh Dusun Tritis,

Kulonprogo. Data dalam penelitian diambil dengan metode *sampling*. Penggunaan metode *sampling* bertujuan untuk mengambil data yang mewakili populasi. Sampel dalam penelitian diambil dengan menggunakan teknik *purposive sampling*. Teknik tersebut merupakan teknik pengambilan sampel dengan tujuan tertentu, yaitu mengambil sampel pada setiap lahan kebun teh yang terdapat pada setiap bentuklahan.

Sampel tanah diambil dari lahan teh pada setiap unit satuan bentuklahan yang didelineasi dari hasil pemrosesan foto udara. Pemrosesan foto udara berawal dari pemotretan foto udara sesuai dengan jalur terbang. Kemudian, foto udara tersebut diproses menjadi mozaik foto udara dengan proses fotogrametri. Alhasil, akan dihasilkan *Digital Surface Model* (DSM), yaitu kenampakan permukaan bumi, termasuk vegetasi dan permukiman. DSM tersebut diolah menjadi *Digital Terrain Model* (DTM) agar dapat menampilkan data lereng. Data lereng tersebutlah yang diolah menjadi data morfografi, morfometri, dan morfoaransemen sehingga dapat dihasilkan peta bentuklahan.

Selain foto udara, data yang digunakan dalam penelitian ini adalah kemiringan lereng, tingkat erosi, tekstur tanah, struktur tanah, kedalaman tanah, kedalaman tanah, warna tanah, kadar air, kandungan bahan organik, pH aktual, N

total, P_2O_5 , K tersedia, Al tersedia, populasi cacing tanah, *land crop cover* (LCC), nilai penetrometer, dan kinerja tanaman.

Teknik Pengolahan Data

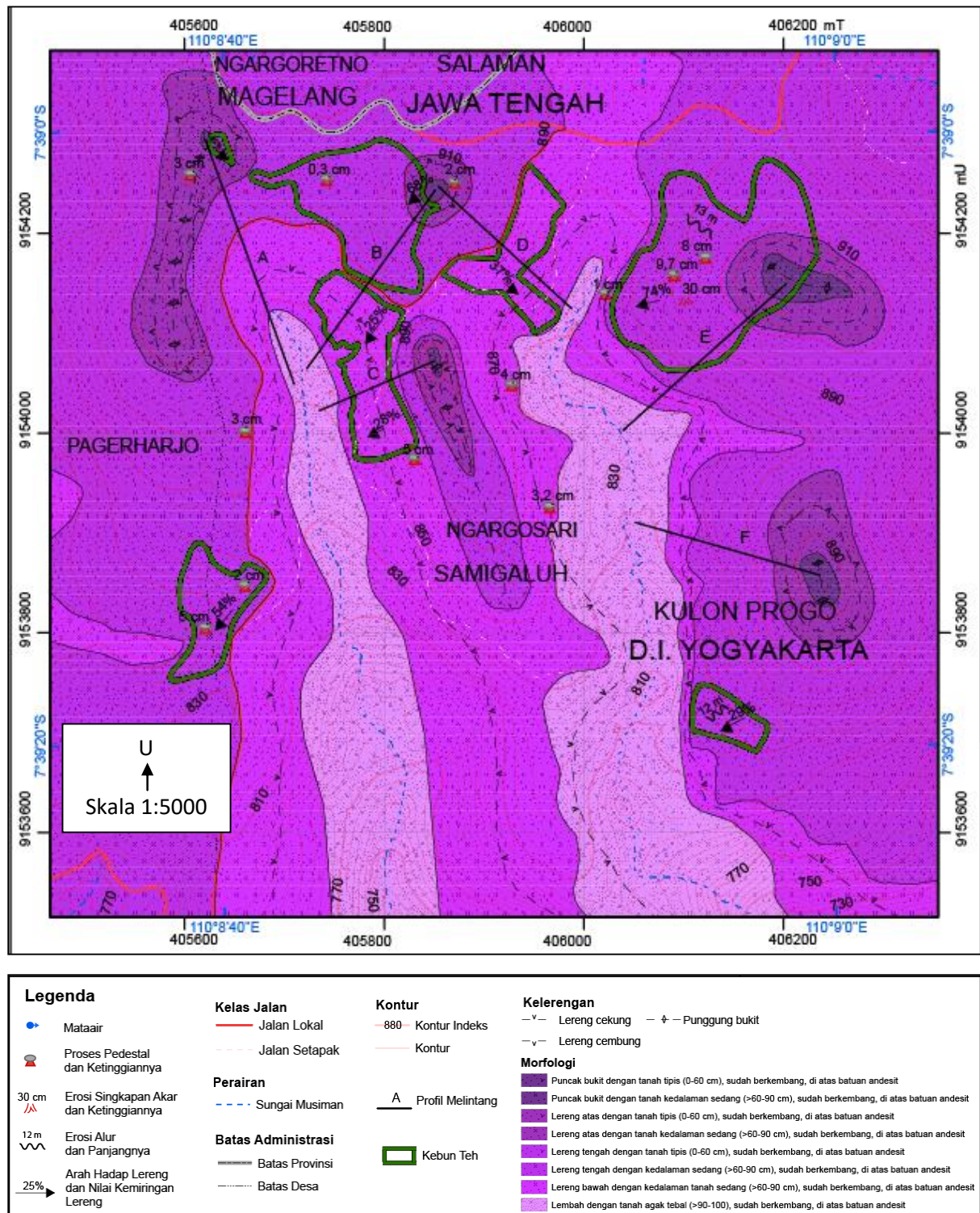
1. Penyusunan Satuan Pemetaan Wilayah Penelitian

Pembuatan satuan pemetaan wilayah penelitian dilakukan dengan menampalkan peta satuan bentuklahan (Gambar 5) dengan peta kebun teh.

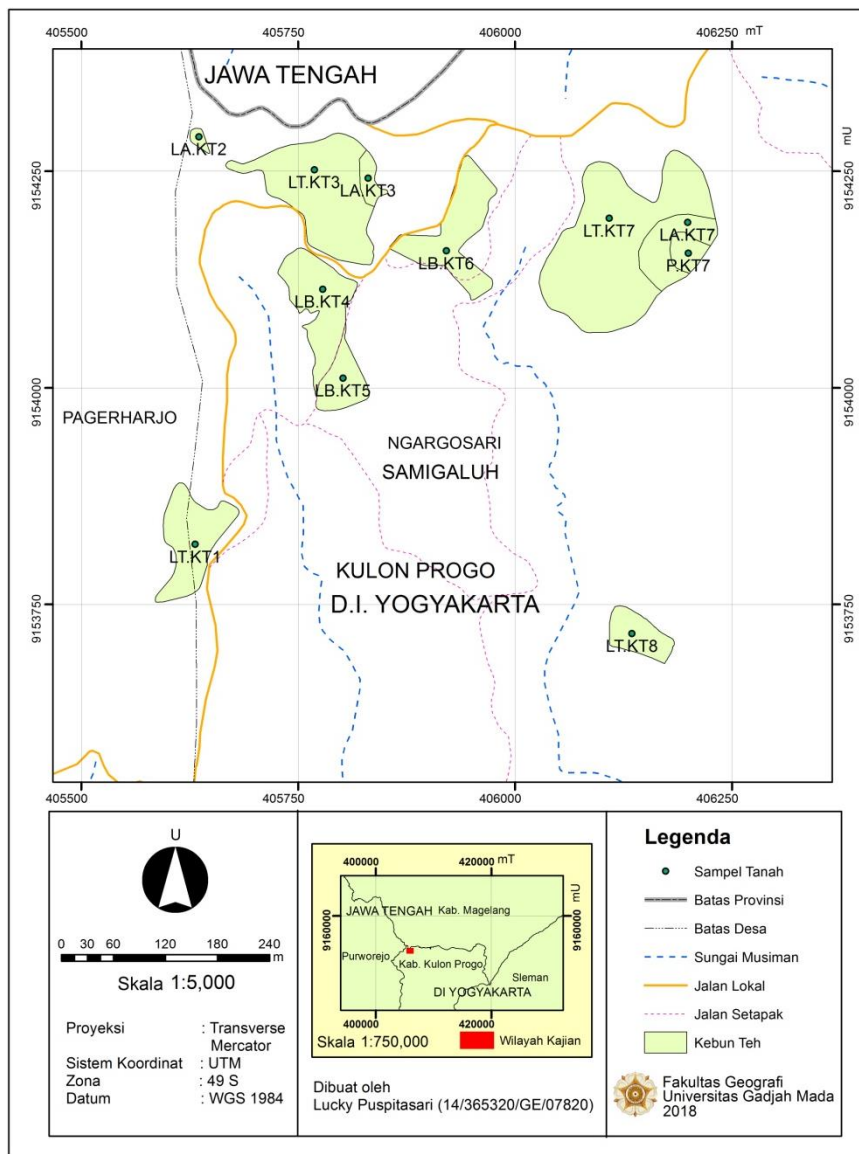
Peta geomorfologi dan lokasi kebun teh menjadi dasar pemetaan kesehatan tanah dan menjadi unit analisis utama penentuan kesehatan tanah. Wilayah perkebunan teh di Tritis terletak pada unit satuan bentuklahan yang berbeda-beda, yaitu ditunjukkan dalam Gambar 5. Oleh sebab itu, diambil sampel di setiap lahan kebun teh pada setiap bentuklahan yang berbeda. Didapatlah sampel tanah yang diambil pada sebelas tempat yang mewakili setiap bentuklahan dan mewakili pula delapan kebun teh (Gambar 6).

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan mengambil lapisan atas dan lapisan bawah karena tanah memiliki karakteristik yang cukup berbeda pada lapisan-lapisan tersebut. Hal tersebut disesuaikan pula dengan ketebalan tanah. Apabila lokasi pengambilan sampel terbilang tipis dan memiliki karakteristik yang sama, maka cukup diambil satu sampel tanah. Daftar lokasi pengambilan sampel dan sampel

tanah yang diambil ditunjukkan pada
Lampiran 1.



Gambar 5. Peta Geomorfologi Sebagian Wilayah Tritis (Foto Udara, 2018 dan Survei Lapangan, 2017-2018)



Gambar 6. Persebaran Pengambilan Sampel Tanah di Perkebunan Teh Tritis (Foto Udara, 2018 dan Survei Lapangan, 2017-2018)

2. Penyusunan Indikator Kinerja Tanah

Penentuan kelas kesehatan tanah tidak bisa ditentukan secara langsung tetapi dapat ditentukan melalui indikator kinerja tanah (Riwandi, 2010). Indikator kinerja tanah yang digunakan mencakup karakteristik fisik, kimia, dan biologi tanah. Terdapat enam belas indikator utama untuk penilaian kesehatan tanah di perkebunan teh Tritis,

yaitu yang ditunjukkan pada Tabel 1. Penilaian semua indikator dilakukan pada setiap titik sampel. Masing-masing sampel tanah yang merepresentasikan kondisi wilayah penelitian diberikan skor pada setiap indikator kinerja tanah sesuai kondisi yang telah dideskripsikan dalam Tabel 1. Skor yang dimiliki indikator kinerja tanah dijumlah sehingga didapatkan total skor pada setiap sampel tanah. Total skor

kesehatan tanah lalu dikonversikan menjadi nilai presentase.

Tabel 1. Indikator Kinerja Tanah untuk Teh

No	Indikator Kinerja Tanah	Tidak Sehat Skor: 1	Kurang Sehat Skor: 2	Cukup Skor: 3	Sehat Skor: 4	Sangat Sehat Skor: 5
1	Warna tanah ⁽¹⁾	Merah	Kuning	Kehijauan	Cokelat	Hitam
2	Kadar air ⁽¹⁾	31-40%	1-3%	4-10%	9-18%	19-30%
3	Lereng ⁽¹⁾	>30%	15-30%	8-15%	3-8%	0-3%
4	Tekstur tanah ⁽¹⁾	Pasir/lempung	Pasir debuan	Lempung berpasir	Debu geluhan	Geluh
5	Struktur tanah ⁽¹⁾	Sangat keras	Keras	Kurang remah	Remah	Sangat remah
6	Bahan organik ⁽²⁾	<2%	2-3,5%	>3,5-5%	>5-8,5%	>8,5%
7	N total ⁽³⁾	<0,1%	0,1-0,2%	0,21-0,50%	0,51-0,75%	>0,75%
8	P ₂ O ₅ Bray ⁽⁴⁾	<10 ppm	10-15 ppm	16-25 ppm	26-35 ppm	>35 ppm
9	K ⁽³⁾	<39 ppm	39-155 ppm	156-233 ppm	234-390 ppm	>390 ppm
10	Al ⁽³⁾	>40 %	21-40 %	11-20 %	6-10 %	<5 %
11	pH (H ₂ O) ⁽⁵⁾	>6,5; <3,5	>5,5-6,5	>5,5-6,0; 3,5-<4,0	>5,0-5,5; 4,0-<4,5	4,5-5,0
12	Populasi cacing tanah ⁽⁸⁾	0-53 ekor/m ²	54-106 ekor/m ²	107-159 ekor/m ²	160-212 ekor/m ²	>212 ekor/m ²
13	LCC ⁽¹⁾	<45%	45-64%	65-74%	75-85%	>85%
14	Erosi tanah ⁽¹⁾	Gully besar	Gully kecil	Alur	Lembar	Bebas
15	Nilai Penetrometer ⁽⁶⁾	>1,5 kg/cm ²	1,4-1,5 kg/cm ²	1,2-1,3 kg/cm ²	1-1,1 kg/cm ²	<1 kg/cm ²
16	Kinerja tanaman ⁽¹⁾	Daun putih kerdil, terdapat banyak cekaman unsur	Daun kuning kehijauan, kerdil, terdapat cekaman unsur	Daun hijau kekuningan, tumbuh sedang, sedikit cekaman unsur	Daun hijau, bebas cekaman unsur	Daun hijau, tumbuh normal, bebas cekaman unsur
17	Ketebalan tanah ⁽⁷⁾	0-30 cm	>30-60 cm	>60-90 cm	>90-150 cm	>150 cm

Sumber:

⁽¹⁾Bierman (2007) dalam Riwandi dan Handajaningsih (2011)

⁽²⁾Puslitanak (1993)

⁽³⁾Balittanah (2005) dalam Riwandi dan Handajaningsih (2011)

⁽⁴⁾Staf Pusat Penelitian Tanah (PPT) (1993) dalam Hardjowigeno dan Widiatmaka (2015)

⁽⁵⁾Setyamidjaja (2000)

⁽⁶⁾Klimazawski (1969) dalam Sutikno (1982)

⁽⁷⁾Rahmayani (2014)

⁽⁸⁾Olah data penulis (2018)

(dimodifikasi dan disesuaikan dengan wilayah penelitian)

3. Klasifikasi Kesehatan Tanah Sementara

Total skor yang telah dipersentasekan kemudian dibuat klasifikasi kesehatan tanah sementara. Klasifikasi ini disebut sementara karena hanya dibuat sebagai dasar bagi penyusunan MDS, yang dari MDS itu akan disusun klasifikasi kesehatan tanah final. Masing-masing indikator kinerja tanah diberi skor yang sesuai dengan tingkat kesehatan tanahnya. Total skor kesehatan tanah lalu dikonversikan menjadi nilai presentase untuk diklasifikasikan.

Kelas kesehatan tanah yang dipilih adalah lima kelas karena dapat merepresentasikan tingkat kesehatan tanah, yaitu tingkat kesehatan tanah tidak sehat, kurang sehat, cukup sehat, sehat, dan sangat sehat. Jenis klasifikasi yang digunakan adalah *equal step*, yaitu klasifikasi yang menggunakan interval jarak yang sama. Interval kelas dihitung dengan mencari selisih antara persentase total skor tertinggi

dengan total skor terendah kemudian dibagi jumlah kelas (Persamaan 1). Kelas kesehatan tanah sementara tersebut menjadi dasar bagi reduksi MDS.

Interval kelas =

$$\frac{\text{persentase total skor tertinggi} - \text{persentase total}^{(1)} \text{ terendah}}{\text{jumlah kelas}}$$

4. Penyusunan *Minimum Data Set* (MDS) Indikator Kinerja Tanah

Masing-masing sampel tanah yang telah diberikan skor pada setiap indikator kinerja tanah kemudian direduksi dengan cara menghilangkan setiap indikator satu per satu. Jika kelas kesehatan tanah berubah, maka indikator yang dihilangkan tersebut termasuk indikator kinerja tanah yang sensitif. Jika kelas kesehatan tanah tidak berubah, maka indikator yang dihilangkan tersebut termasuk indikator kinerja tanah yang kurang sensitif. Indikator kinerja tanah yang kurang sensitif tersebutlah yang direduksi.

5. Klasifikasi Kesehatan Tanah Akhir

Indikator kinerja tanah yang telah direduksi dengan MDS itulah yang akan digunakan untuk menentukan kelas kesehatan tanah akhir. Cara pengklasifikasian kesehatan tanah akhir ini sama dengan pengklasifikasian kesehatan tanah sementara, yaitu dengan menggunakan metode klasifikasi *equal step* dengan cara menghitung interval yang ditunjukkan pada Persamaan (1).

Teknik Analisis Data

Analisis data kesehatan tanah dilakukan pada setiap bentuklahan. Analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif, analisis grafis, dan analisis spasial. Analisis deskriptif adalah analisis data dengan cara mendeskripsikan indikator kinerja tanah di wilayah kajian, hasil MDS kinerja tanah, tingkat kesehatan tanah, dan rekomendasi arahan pertanian berkelanjutan di perkebunan teh Tritis. Analisis grafis adalah analisis dengan menuangkan informasi dalam bentuk gambar, grafik, dan tabel agar pembaca mudah memahami hasil penelitian. Analisis spasial adalah analisis berdasarkan sebaran spasial klasifikasi kesehatan tanah di perkebunan teh Tritis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Indikator Kinerja Tanah

Kesehatan tanah tidak dapat dinilai secara langsung (Riwandi, 2010). Namun, menurut Moebius-Clune *et al* (2017), kesehatan tanah dapat dinilai melalui kriteria tanah sehat, kemudian kriteria tanah sehat tersebut dijabarkan dalam indikator kinerja tanah. Oleh sebab itu, indikator kinerja tanah yang dipilih harus dapat mencerminkan kondisi kesehatan tanah di wilayah kajian. Pemilihan indikator kinerja tanah yang didasarkan pada karakteristik tanah sehat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pemilihan Indikator Kinerja Tanah yang Didasarkan pada Kriteria Tanah Sehat

No	Karakteristik tanah yang sehat	Indikator kinerja tanah
----	--------------------------------	-------------------------

1	Tanah mudah diolah, yaitu memiliki karakteristik fisik tanah yang baik untuk memproduksi tanaman	Tekstur, lereng, struktur, nilai penetrometer, dan erosi tanah
2	Ukuran jeluk tanah cukup dalam, yaitu menggambarkan kemampuan tanah untuk tempat akar sehingga tumbuhan mampu tumbuh dan berfungsi	Ketebalan tanah, lereng
3	Unsur hara dalam jumlah cukup dan tidak berlebihan sehingga tidak menjadi racun untuk tanaman	Kandungan bahan organik, N total, P ₂ O ₅ , K tersedia, warna tanah, pH tanah, keterdapatan LCC
4	Hanya dijumpai populasi hama dan penyakit tanaman yang sedikit sehingga tanaman tumbuh sehat	Kinerja tanaman
5	Memiliki drainase baik, yaitu karena struktur tanah baik dan ukuran pori-pori tersebar merata sehingga mampu menyimpan cukup air untuk tanaman	Warna, kadar air, tekstur, dan struktur
6	Memiliki banyak populasi organisme sehingga mampu menjaga fungsi tanah untuk mengurai material organik, menjaga kesuburan tanah, memelihara struktur tanah, dan menekan jumlah hama	Tingkat populasi cacing tanah
7	Jumlah gulma tanaman sedikit	LCC
8	Bebas dari bahan kimia dan racun	Bahan organik, pH, warna tanah, tingkat populasi cacing tanah, aluminium tersedia
9	Tahan terhadap degradasi	Kinerja tanaman, erosi tanah, dan LCC
10	Bersifat lentur dan dapat kembali ke sifat awal setelah mengalami kondisi buruk	Tekstur tanah

Sumber: Moebius-Clune *et al* (2017) dan Fidiashtry (2016) dimodifikasi, disesuaikan dengan kondisi lokasi penelitian

Oleh sebab itu, indikator kinerja tanah yang digunakan adalah warna tanah, ketebalan tanah, struktur tanah, kadar air, tekstur tanah, kemiringan lereng, nilai penetrometer, erosi, pH tanah, bahan organik tanah, N total, P₂O₅, K tersedia, Al tersedia, LCC, kinerja tanaman, dan populasi cacing tanah. Selain mewakili indikator tanah sehat, indikator kinerja tanah yang digunakan pun telah mewakili karakteristik fisik, kimia, dan biologi tanah.

Hasil survei lapangan dan uji laboratorium dari tujuh belas indikator kinerja tanah ditunjukkan pada Lampiran 2. Hasil tersebut menggambarkan bahwa beberapa indikator memiliki rata-rata nilai atau skor yang baik pada keseluruhan perkebunan teh di Tritis, yaitu indikator warna, tekstur, struktur, pH, erosi, dan kadar Aluminium tersedia. Indikator yang memiliki rata-rata nilai atau skor yang cukup bervariasi pada keseluruhan perkebunan teh di Tritis adalah kinerja

tanaman, LCC (*Land Crop Cover*), kadar air, K tersedia, dan P_2O_5 , sedangkan indikator yang memiliki nilai atau skor kurang adalah penetrometer, lereng, populasi cacing tanah, C-organik, dan N total. Nilai skor pada masing-masing indikator ditunjukkan pada Lampiran 3.

2. Minimum Data Set (MDS)

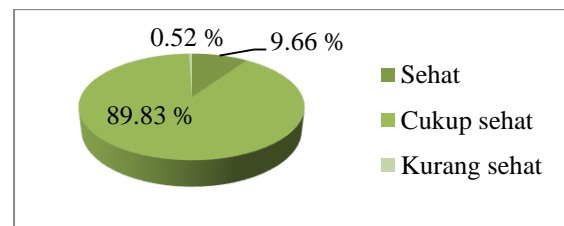
Reduksi indikator kinerja tanah dilakukan guna mengetahui indikator-indikator yang efektif terminimum untuk merepresentasikan kondisi kesehatan tanah wilayah kajian. Indikator kinerja tanah yang kurang sensitif setelah diuji coba dengan cara eliminasi dari klasifikasi kesehatan sementara adalah indikator kinerja tanah N total. Oleh sebab itu, indikator kurang sensitif tersebut dieliminasi. Hal tersebut karena keberadaan indikator N total tidak berpengaruh terhadap hasil akhir kelas kesehatan tanah.

Indikator kinerja tanah yang sensitif dan sangat berpengaruh terhadap kesehatan tanah adalah indikator kinerja tanah warna, kemiringan lereng, tekstur, struktur, erosi, kedalaman tanah, nilai penetrometer, kadar air, pH, bahan organik, P_2O_5 , K tersedia, Al tersedia, kinerja tanaman, LCC, dan populasi cacing tanah. Oleh sebab itu, MDS

yang dihasilkan adalah dataset yang tersusun atas lima belas indikator kinerja tanah tersebut.

3. Klasifikasi Tingkat Kesehatan Tanah di Perkebunan Teh Tritis

Terdapat tiga kelas kesehatan tanah di perkebunan teh Tritis, yaitu kurang sehat, cukup sehat, dan sehat. Tanah yang memiliki kelas sehat hanya sejumlah 9,66 persen. Tanah di perkebunan teh Tritis didominasi oleh kelas cukup sehat, yaitu sejumlah 89,83 persen (Gambar 7).



Gambar 7. Persentase Luas Kelas Kesehatan Tanah di Perkebunan Teh Tritis (Survei Lapangan, Uji Laboratorium, dan Pengolahan Data, 2018)

Kebun teh dengan kelas sehat hanya terdapat pada kebun teh LB.KT4, sedangkan yang lain tergolong kelas kurang sehat (Tabel 3).

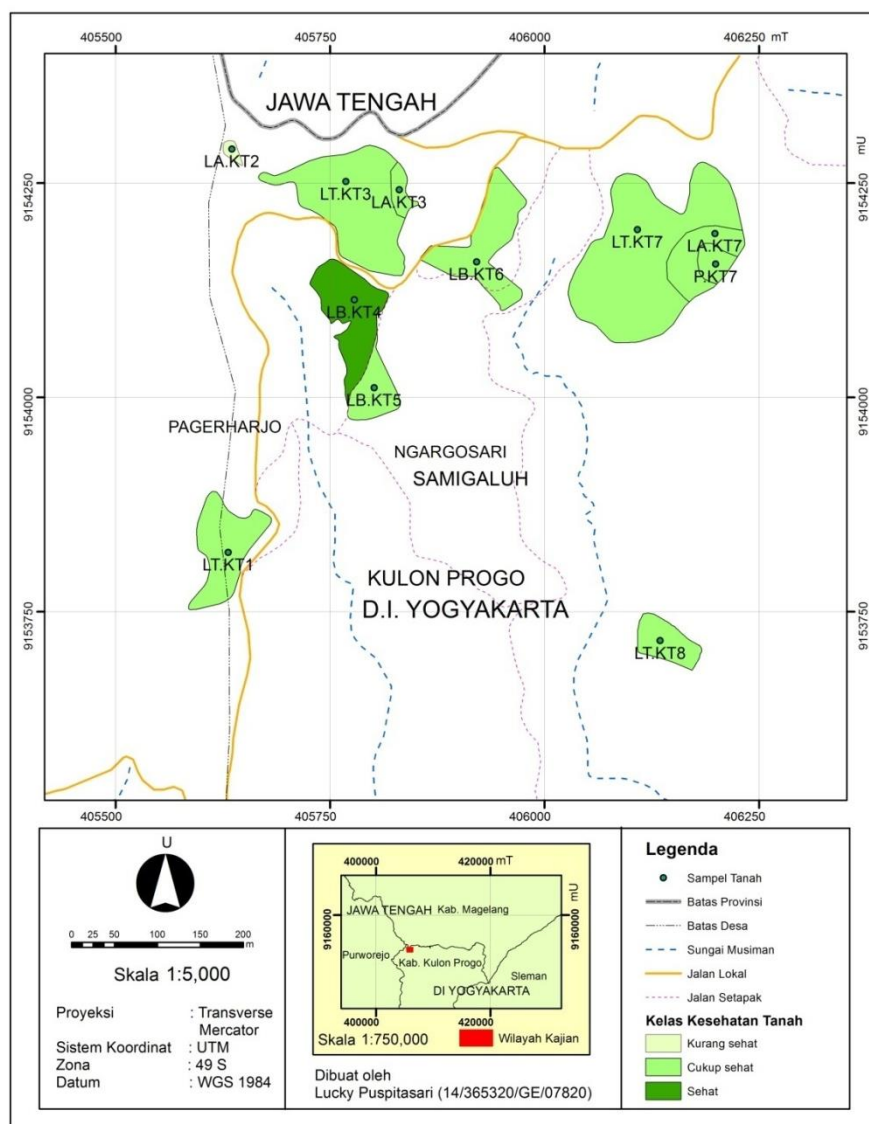
Tabel 3. Luas dan Persentase Luas Kelas Kesehatan Tanah di Masing-Masing Lahan Kebun Teh Tritis

No	Kode Satuan pemetaan	Luas (m ²)	Persentase Luas (%)	Klasifikasi Kesehatan Tanah
1	LT.KT1	6381.49	9.04	Cukup sehat

No	Kode Satuan pemetaan	Luas (m ²)	Persentase Luas (%)	Klasifikasi Kesehatan Tanah
2	LA.KT2	364.53	0.52	Kurang sehat
3	LA.KT3	1101.55	1.56	Cukup sehat
4	LT.KT3	13075.18	18.52	Cukup sehat
5	LB.KT4	6816.44	9.66	Sehat
6	LB.KT5	3027.04	4.29	Cukup sehat
7	LB.KT6	7381.33	10.46	Cukup sehat
8	P.KT7	1426.23	2.02	Cukup sehat
9	LA.KT7	3900.87	5.53	Cukup sehat
10	LT.KT7	21414.78	30.34	Cukup sehat
11	LT.KT8	5695.42	8.07	Cukup sehat

Sumber: Survei lapangan dan uji laboratorium, 2018 (diolah)

Data kelas kesehatan tanah tersebut dapat menggambarkan kondisi kemudian digambarkan pada peta distribusi kesehatan tanah secara spasial. kelas kesehatan tanah (Gambar 8). Hal



Gambar 8. Peta Distribusi Kelas Kesehatan Tanah di Perkebunan Tritis (Foto Udara, 2018, Survei Lapangan, 2017-2018, dan Olah Data, 2018)

4. Penyusunan Rekomendasi Arahan Pertanian Berkelanjutan di Perkebunan Teh Titis Berdasarkan Klasifikasi Kesehatan Tanah

Rekomendasi dalam penelitian ini disusun untuk menentukan arahan-arahan untuk menuju pertanian berkelanjutan di perkebunan teh Tritis, Kulon Progo berdasarkan klasifikasi kesehatan tanah. Fungsi tanah yang sehat sangat dibutuhkan untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan (Moebius-Clune *et al*, 2017). Rekomendasi dalam penelitian ini adalah memberi arahan bagi indikator-indikator tanah yang kurang sehat. Harapannya jika arahan-arahan tersebut dijalankan, maka akan berakibat pada kondisi tanah yang sehat secara komprehensif. Tanah yang sehat sangat dibutuhkan karena tanah yang sehat mampu mendukung kehidupan berbagai organisme tanah yang berfungsi mengendalikan hama dan penyakit tanaman, mampu mendaur ulang nutrisi pada tanaman, membuat struktur tanah menjadi baik, menahan unsur hara, sehingga mampu memperbaiki kapasitas produksi teh (FAO, 2008).

Perkebunan teh di wilayah kajian memiliki faktor pembatas yang hampir sama, yaitu kemiringan lereng, populasi cacing tanah, bahan organik, N total, P_2O_5 , dan K tersedia. Hal tersebut didasarkan pada nilai skor semua sampel yang relatif

rendah. Perkebunan teh di Tritis memiliki kondisi kelerengan yang curam. Hal tersebut karena teh ditanam di lereng bukit. Lereng yang curam tersebut dapat memicu proses erosi sehingga terdapat potensi kehilangan tanah dan unsur hara permukaan pada tanah. Namun demikian, kejadian erosi di perkebunan teh Tritis cenderung tidak banyak. Hal tersebut didukung oleh kinerja akar teh yang memiliki karakteristik akar panjang dan kuat sehingga mampu menjaga tanah dari erosi. Selain itu, adanya tanaman penutup lahan yang terdiri atas tanaman dengan akar tunggang dan kokoh membantu pencegahan erosi. Seresah dari tanaman-tanaman tersebut pun membantu menutupi tanah sehingga tanah tidak terbawa oleh angin dan air secara cepat.

Rekomendasi yang diberikan untuk faktor pembatas lereng adalah tetap mempertahankan kondisi tersebut sebagai bentuk konservasi tanah yang efektif dan ekonomis. Dusun Tritis berpotensi untuk dijadikan desa wisata akibat potensi alamnya. Hal tersebut mampu memicu perubahan penggunaan lahan, termasuk perubahan lahan konservasi perkebunan dan hutan menjadi lahan hunian dan area hiburan tanpa memperhatikan prinsip konservasi. Namun, hal tersebut dapat diatasi dengan membangun area pelayanan wisata pada sekitar pemukiman penduduk

dan tetap menjaga kelestarian alam di sekitar perkebunan teh dan hutan di sekitarnya.

Rekomendasi lain yang diberikan adalah melakukan pemupukan secara berimbang pada setiap perkebunan teh, terutama kebun teh K1, KT2, dan KT3 yang memiliki kadar bahan organik, N total, P_2O_5 , dan K tersedia yang paling rendah daripada kebun teh lainnya. Pemupukan berimbang dapat menjadi suatu alternatif untuk meningkatkan kadar bahan organik, N total, P_2O_5 , dan K tersedia pada tanah. Pemupukan berimbang adalah penambahan bahan organik dan unsur hara ke dalam tanah sesuai kebutuhan tanaman, sifat, dan daya dukung tanah (Subroto dan Yusrani, 2005). Pupuk yang digunakan dapat berupa pupuk kandang, pupuk hijau, atau pupuk NPK.

Menurut Rahmatika (2017), pupuk kandang banyak mengandung unsur hara berupa Nitrogen (N), Fosfat (P_2O_5), Kalium (K_2O), dan air (H_2O). Pupuk hijau dapat diperoleh dari pangkasan tanaman penutup tanah atau seresah. Pupuk hijau dapat berfungsi sebagai makanan cacing tanah sehingga berpotensi meningkatkan kehidupan cacing dalam tanah. Oleh sebab itu, penambahan pupuk hijau berpotensi meningkatkan populasi cacing tanah. Selain itu, pupuk hijau dinilai mampu meningkatkan keanekaragaman hayati tanah dengan cara merangsang

pertumbuhan mikroba (Rahmatika, 2017). Hal tersebut dapat menyebabkan peningkatan kandungan bahan organik dan kesuburan tanah. Pupuk NPK adalah salah satu pupuk anorganik yang bermanfaat untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara N, P, dan K (Kaya, 2013). Adanya pemupukan tersebut diharapkan dapat meningkatkan kadar bahan organik, N total, P_2O_5 , dan K tersedia pada tanah sehingga mampu berdampak baik bagi tanah dan tanaman.

Selain itu, perawatan tanaman dan lahan sangat diperlukan, terutama untuk kebun teh KT1, KT2, dan KT3 yang kurang terawat. Hal tersebut karena perawatan tanaman dan lahan sangat penting untuk mendapatkan kinerja tanaman yang baik sehingga diperoleh produksi tanaman teh dengan optimal. Perawatan tersebut dapat dilakukan dengan cara mencabut rumput di sekitar tanaman teh dan memangkas batang teh agar beregenerasi.

KESIMPULAN

Indikator kinerja tanah untuk mengevaluasi kesehatan tanah di perkebunan teh Tritis didasarkan pada kriteria tanah sehat yang ditentukan dari karakteristik fisika, kimia, dan biologi tanah sehingga dapat menggambarkan kondisi tanah untuk menunjang kehidupan

di dalam tanah dan di permukaan tanah. Terdapat enam belas indikator kinerja tanaman untuk menyusun MDS, yaitu warna, tekstur, struktur, erosi, kemiringan lereng, ketebalan tanah, nilai penetrometer, kadar air, pH, bahan organik, P_2O_5 , K tersedia, Al tersedia, populasi cacing tanah, kinerja tanaman, dan LCC.

Tingkat kesehatan tanah di perkebunan teh Tritis adalah kurang sehat, cukup sehat, dan sehat. Hanya terdapat satu satuan pemetaan yang memiliki kelas sehat, yaitu satuan pemetaan LB.KT4 yang hanya mencakup 9,66 persen dari keseluruhan luas kebun teh di Tritis, sedangkan yang lain adalah kebun teh dengan tingkat kesehatan tanah cukup sehat. Rekomendasi arahan pertanian berkelanjutan berdasarkan klasifikasi kesehatan tanah adalah mempertahankan kondisi penggunaan lahan berupa perkebunan teh sebagai bentuk konservasi erosi yang efektif dan ekonomis, melakukan pemupukan pada perkebunan teh untuk meningkatkan kadar bahan organik, N total, P_2O_5 , dan K tersedia, serta melakukan perawatan terhadap tanaman teh untuk mendapatkan kinerja tanaman yang baik sehingga diperoleh produksi tanaman teh dengan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Doran, J.W., Parkin, T.B. (1996). Quantitative Indicators of Soil

Quality, A Minimum Data Set. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49, 25–37.

Dufresne, C. and Farnworth, E. (2000).

Tea, Kombucha, and Health: A Review. *Food Res. Int.* 33: 409–421.

FAO. (2008). An International Technical Workshop. Investing in Sustainable Crop Intensification: The Case for Improving Soil Health. *Integrated Crop Management*. vol. 6. FAO, Rome, hal 149, 22 Juli 2008.

Fidiashty, A. (2016). Penilaian Kesehatan Tanah untuk Penentuan Prioritas Konservasi Tanah di DAS Bendo, Kompleks Gunungapi Ijen, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Gamliel, A. dan van Bruggen, A. H. C. (2016). Maintaining Soil Health for Crop Production in Organic Greenhouses. *Scientia Horticulturae* 208 (2016) 120–130.

Gill, G. S., Kumar, A., dan Agarwal, R. (2011). Monitoring and Grading of Tea by Computer Vision – A Review. *Journal of Food Engineering*, 106 (2011) 13–19.

Hardjowigeno, S. dan Widiatmaka. (2015). *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tataguna Lahan Cetakan III*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Karak, T. dan Bhagat, R. M. (2010). Trace Elements in Tea Leaves, Made Tea and Tea Infusion: A Review. *Food Research International*, volume 43, issue 9, November 2010, pages 2234-2252.
- Kaya, E. (2013). Pengaruh Kompos Jerami dan Pupuk NPK Terhadap N-Tersedia Tanah, Serapan-N, Pertumbuhan, dan Hasil Padi Sawah (*Oryza Sativa* L). *Agrologia*, vol 2, No 1, April 2013: 43-50.
- Moebius-Clune, B. N. et al. (2017). *Comprehensive Assessment of Soil Health, Third Edition*. New York: Cornell University.
- Owuor, P. O., Obanda, M., Nyirenda, H. E., Wilson, L. and Mandala, W. L. (2008). Influence of Region of Production on Clonal Black Tea Chemical Characteristics. *Food Chem.* 108: 263–271.
- Owuor, P. O., Wachira, F. N. and Ngetich, W. K. (2010). Influence of Region of Production on Relative Clonal Plain Tea Quality Parameters in Kenya. *Food Chem.* 119: 1168–1174.
- Puslitanak. (1993). *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan, Kerjasama antara Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat dengan Proyek Pembangunan Penelitian pertanian Nasional*. Bogor: Badan Litbang Pertanian.
- Rahmatika, W. (2017). *Peran Bahan Organik untuk Perbaikan Kesuburan Tanah*. Diakses tanggal 4 Juli 2018 dari www.fp.uniska-kediri.ac.id
- Rahmayani, A. (2014). Potensi Longsor Lahan di Desa Muntuk Kecamatan Dlingo Kabupaten Bantul. *Skripsi*. Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Yogyakarta.
- Riwandi. (2010). Identifikasi dan Interpretasi Indikator Kesehatan Tanah. *Seminar Nasional dan Kongres Masyarakat Konservasi Tanah dan Air Indonesia*. Jambi, 24-25 November 2010.
- Riwandi dan Handajaningsih, M. (2011). Relationship between Soil Health and the Growth of Lettuce. *Jurnal Tropical Soils*, vol. 16, no. 1, 2011: 25-32.
- Setyamidjaja, D. (2000). *Teh Budidaya dan Pengolahan Pascapanen*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sinukaban. (1999). *Sistem Pertanian Konservasi Kunci Pembangunan Pertanian Berkelanjutan*. Makalah pada Seminar *Paradigma Baru Pengelolaan dan Pemanfaatan Sumberdaya Lahan yang Berkelanjutan*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Subroto, H. dan Yusrani, A. (2005). *Kesuburan dan Pemanfaatan Tanah*. Malang: Bayumedia Publishing.

- Sutikno. (1982). Peranan Geomorfologi dalam Aspek-Aspek Keteknikan. *Makalah Seminar Geografi II IEGAMA*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Zhang M, *et al.* (2017). Temporal Evolution of Carbon Storage in Chinese Tea Plantations from 1950 to 2010. *Pedosphere*. 27(1): 121–128.

Lampiran 1.

Tabel Lokasi Pengambilan Sampel di Perkebunan Teh Tritis

No	Koordinat		Bentuklahan	Kebun teh	Kode satuan pemetaan	Lapisan tanah	Kode Sampel
	X	Y					
1	405630.116	9153820.054	Lereng tengah dengan material tanah kedalaman sedang dan sudah berkembang di atas andesit	Kebun teh 1	LT.KT1	Atas	LT.KT1.A
2						Bawah	LT.KT1.B
3	405635.407	9154291.014	Lereng atas dengan material tanah tipis dan sudah berkembang di atas batuan andesit	Kebun teh 2	LA.KT2	Atas	LA.KT2.A
4	405830.141	9154243.389	Lereng atas dengan material tanah tipis dan sudah berkembang di atas batuan andesit	Kebun teh 3	LA.KT3	Atas	LA.KT3.A
5						Bawah	LA.KT3.B
6	405768.701	9154251.678	Lereng tengah dengan material tanah kedalaman sedang dan sudah berkembang di atas andesit	Kebun teh 3	LT.KT3	Atas	LT.KT3.A
7						Bawah	LT.KT3.B
8	405778.282	9154114.272	Lereng bawah dengan material tanah kedalaman sedang dan sudah berkembang di atas andesit	Kebun teh 4	LB.KT4	Atas	LB.KT4.A
9						Bawah	LB.KT4.B
10	405801.566	9154011.613	Lereng bawah dengan material tanah kedalaman sedang dan sudah berkembang di atas andesit	Kebun teh 5	LB.KT5	Atas	LB.KT5.A
11						Bawah	LB.KT5.B
12	405921.158	9154158.722	Lereng bawah dengan material tanah kedalaman sedang dan sudah berkembang di atas andesit	Kebun teh 6	LB.KT6	Atas	LB.KT6.A
13						Bawah	LB.KT6.B
14	406199.5	9154155.547	Puncak bukit dengan material tanah kedalaman sedang dan sudah berkembang di atas andesit	Kebun teh 7	P.KT7	Atas	P.KT7.A
15						Bawah	P.KT7.B

No	Koordinat		Bentuklahan	Kebun teh	Kode satuan pemetaan	Lapisan tanah	Kode Sampel
	X	Y					
16	406199.5	9154191.53	Lereng atas dengan material tanah kedalaman sedang dan sudah berkembang di atas andesit	Kebun teh 7	LA.KT7	Atas	LA.KT7.A
17						Bawah	LA.KT7.B
18	406108.628	9154195.588	Lereng tengah dengan material tanah kedalaman sedang dan sudah berkembang di atas andesit	Kebun teh 7	LT.KT7	Atas	LT.KT7.A
19						Bawah	LT.KT7.B
20	406133.883	9153716.337	Lereng tengah dengan material tanah kedalaman sedang dan sudah berkembang di atas andesit	Kebun teh 8	LT.KT8	Atas	LT.KT8.A
21						Bawah	LT.KT8.B

Sumber: Survei Lapangan, Uji Laboratorium, dan Pengolahan Data (2018)

Lampiran 2

Tabel Hasil Survei Lapangan dan Uji Laboratorium dari Enam Belas Indikator Kinerja Tanah

No	Kode satuan pemetaan	Kode Sampel	Warna	Struktur	Pene-trome-ter (kg/cm ²)	pH H ₂ O	Le-reng (%)	Popula-si Cacing Tanah	Kiner-ja Tana-man	Keteb-a-lan Tanah	Erosi Tanah	LCC (%)	Kada-r Air (%)	Tekst-ur	C-Or-gani-k (%)	N Tota-l (%)	K Terse-dia (ppm)	P ₂ O ₅ (ppm)	Al Tersed-ia (%)
1	LT.KT1	LT.KT1.A	¾ 10 YR	Kuran-g remah	3	5	54	24	3	70	Lemb-ar	96.00	33.39	Loam	1.75	0.17	257	18	0.0265
2		LT.KT1.B	4/6 10 YR	Kuran-g remah	3	5							30.31	Loam	1.02	0.08	87	3	

N o	Kode satuan pemet a-an	Kode Sampel	Warn a	Strukt ur	Pene- trome -ter (kg/ cm ²)	pH H ₂ O	Le- reng (%)	Popula si Cacing Tanah	Kiner -ja Tana- man	Keteb a-lan Tanah	Erosi Tanah	LCC (%)	Kada r Air (%)	Tekst ur	C- Or- gani k (%)	N Tota l (%)	K Terse- dia (ppm)	P ₂ O ₅ (ppm)	Al Tersed ia (%)
3	LA.K T2	LA.KT2 .A	4/6 10 YR	Kuran g remah	2.5	5	62	2	2	30	-	27.0 0	25.9 3	Silt loam	1.44	0.14	39	9	0.1168
4	LA.K T3	LA.KT3 .A	4/6 7.5 YR	Kuran g remah	1.5	5	68	7	4	50	Alur	75.0 0	21.1 4	Loam	1.64	0.16	44	8	0.0406
5		LA.KT3 .B	5/6 7.5 YR	Kuran g remah	1.5	5							20.5 5	Loam	1.27	0.11	39	3	
6	LT.K T3	LT.KT3 .A	¾ 10 YR	Rema h	2	5	45	7	5	65	-	48.0 0	33.2 6	Silt loam	1.38	0.16	286	24	0.0467
7		LT.KT3 .B	5/6 10 YR	Sangat remah	2	5							38.2 8	Loam	0.84	0.1	267	14	
8	LB.K T4	LB.KT4 .A	3/3 10 YR	Rema h	1.5	5	25	5	4	70	Lemb ar	84.0 0	13.3 8	Sandy loam	2.05	0.2	236	50	0.0211
9		LB.KT4 .B	¾ 10 YR	Rema h	1.5	5							14.0 4	Loam	1.12	0.12	236	27	
10	LB.K T5	LB.KT5 .A	3/3 10 YR	Rema h	1.5	5	28	6	3	70	Lemb ar	9.33	8.72	Sandy loam	2.88	0.3	119	44	0.0439
11		LB.KT5 .B	¾ 10 YR	Rema h	1.5	5							13.7 8	Sandy loam	1.77	0.2	206	27	
12	LB.K T6	LB.KT6 .A	3/3 10 YR	Rema h	2	5	37	3	3	70	-	3.75	16.1 3	Loam	2.93	0.29	142	3	0.0822

N o	Kode satuan pemet a-an	Kode Sampel	Warn a	Strukt ur	Pene- trome- ter (kg/ cm ²)	pH H ₂ O	Le- reng (%)	Popula si Cacing Tanah	Kiner- ja Tana- man	Keteb a-lan Tanah	Erosi Tanah	LCC (%)	Kada r Air (%)	Tekst ur	C- Or- gani k (%)	N Tota l (%)	K Terse- dia (ppm)	P ₂ O ₅ (ppm)	Al Tersed ia (%)
13		LB.KT6 .B	4/4 10 YR	Rema h	2	5							13.9 1	Loam	2.17	0.23	132	33	
14	P.KT7	P.KT7. A	¾ 10 YR	Rema h	2	5	22	0	4	65	-	68.5 7	19.8 6	Loam	3.92	0.22	125	19	0.077
15		P.KT7. B	4/6 10 YR	Rema h	2	5							25.0 1	Sandy loam	2.29	0.23	24	22	
16	LA.K T7	LA.KT7 .A	2/3 10 YR	Rema h	1.5	5	59	2	5	60	-	60.0 0	11.1 3	Silt loam	3.35	0.35	46	64	0.1018
17		LA.KT7 .B	4/6 10 YR	Kuran g remah	1.5	5							Lanjutan Lampiran 2			19.4 9	Sandy loam	1.75	
18	LT.K T7	LT.KT7 .A	4/4 7.5 YR	Rema h	1.5	5	74	2	4	60	Alur	70.0 0	22.5 2	Loam	2.29	0.21	246	21	0.029
19		LT.KT7 .B	4/6 7.5 YR	Rema h	1.5	5							16.9 6	Loam	0.87	0.09	198	39	
20	LT.K T8	LT.KT8 .A	¾ 10 YR	Rema h	2	5	29	1	3	70	Alur	85.7 1	16.2 2	Loam	2.97	0.31	243	19	0.1065
21		LT.KT8 .B	5/6 10 YR	Rema h	2	5							39.6 3	Sandy loam	1.29	0.13	249	39	

Sumber: Survei Lapangan, Uji Laboratorium, dan Pengolahan Data (2018)

Lampiran 3.

Tabel Skor Indikator Kinerja Tanah dan Hasil Klasifikasi Kelas Kesehatan Tanah

No	Kode Satuan pemet a-an	Sko r Wa r-na	Skor Teks -tur	Skor Stru k-tur	Skor Penetr o-meter	Sk or pH H ₂ O	Skor Le-reng	Skor Popu -lasi Caci ng Tana h	Skor Kiner ja Tana-man	Skor Kete - bala n Ta-nah	Skor Eros i Tana h	Sko r LC C	Skor Ka-dar Air	Skor Bah an Orga -nik	Sko r N Tot al	Skor K Ters e-dia	Sko r P ₂ O ₅	Skor Al Terse -dia	Tot al	Perse n-tase (%)	Kelas Kese-hatan Tanah
1	LT.KT ₁	4	5	3	1	5	1	5	3	3	4	5	1	1	1.5	3	2	5	49.5	61.88	Cuku p sehat
2	LA.KT ₂	4	4	3	1	5	1	1	2	1	5	1	5	1	2	2	1	5	43	53.75	Kuran g sehat
3	LA.KT ₃	4	5	3	2	5	1	2	4	2	4	4	5	1	2	2	1	5	50	62.5	Cuku p sehat
4	LT.KT ₃	4	4.5	4.5	1	5	1	2	5	3	5	2	1	1	2	4	2.5	5	49.5	61.88	Cuku p sehat
5	LB.KT ₄	4.5	4	4	2	5	2	2	4	3	4	4	4	1	2	4	4.5	5	56	70	Sehat
6	LB.KT ₅	4.5	3	4	2	5	2	2	3	3	4	1	3.5	1.5	2.5	2.5	4.5	5	50	62.5	Cuku p sehat

7	LB.K T6	4.5	5	4	1	5	2	1	3	3	5	1	4	2	3	2	2.5	5	50	62.5	Cuku p sehat
8	P.KT7	4	4	4	1	5	2	1	4	3	5	3	4.5	2.5	3	1.5	3	5	52.5	65.63	Cuku p sehat
9	LA.K T7	4.5	3.5	3.5	2	5	1	1	5	3	5	2	4	2	2.5	2	5	5	53	66.25	Cuku p sehat
10	LT.KT 7	4	5	4	2	5	1	1	4	3	3	2	4.5	1.5	2	3.5	4	5	51.5	64.38	Cuku p sehat
11	LT.KT 8	4	4	4	1	5	2	1	3	3	3	5	2.5	1.5	2.5	4	4	5	51.5	64.38	Cuku p sehat

Sumber: Survei Lapangan, Uji Laboratorium, dan Analisis Data (2018)